



中国机械工程学科教程配套系列教材
教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

机械制造技术基础

主编 李凯岭

参编 迟京瑞 刘长安
李爱芝 张 鹏

中国机械工程学科教程研究组
China Mechanical Engineering Curricula
中国机械工程学科教程

清华大学出版社

清华大学出版社



中国机械工程学科教程配套系列教材
教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

主编 李凯岭

参编 迟京瑞 刘长安 李爱芝 张鹏

机械制造技术基础

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是为了适应培养应用型机械设计制造及其自动化专业人才的目标,贯彻重基础、低重心、宽面向的改革思路,综合了机械制造工艺学及机床夹具设计、金属切削机床概论、金属切削原理与刀具的基本内容,对机械制造技术的基础知识、基本理论、基本方法等有机整合后撰写而成的。本书重点介绍了机械制造技术的基础知识、基本理论、基本方法,并通过相关实践环节(实验、练习、生产实习和课程设计等)的训练,培养学生分析和解决问题的能力。全书除绪论外分为14章,内容包括金属切削基础,金属切削的基本规律及其应用,金属切削机床的基本知识,车床与车刀,铣床、钻床、镗床及其刀具,磨床与磨削,其他机床与刀具,机械加工工艺规程的制定,金属切削机床夹具设计,机械加工精度,机械加工表面的质量,非常规加工方法,机械装配工艺基础,制造模式与制造技术的发展。本书结构严谨、叙述简明,体现了专业知识的传统性、系统性和实用性。在保证基本内容的基础上,本书特别注重制造技术的基础知识和系统完整性,以及机械制造领域的最新成就和发展趋势。本书力求理论联系实际,努力贯彻“面宽、精练”的原则,减少篇幅,并使读者易于理解和掌握。

本书主要用作高等院校机械设计制造及其自动化专业的教材,也可作为普通高等院校其他相关专业的教材或参考书,还可以作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校等相关专业的教材参考书,以及供从事机械制造的工程技术人员参考使用。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/李凯岭主编.--北京:清华大学出版社,2010.4

(中国机械工程学科教程配套系列教材)

ISBN 978-7-302-21829-6

I. ①机… II. ①李… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第002672号

责任编辑:庄红权

责任校对:赵丽敏

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:三河市春园印刷有限公司

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:27.25

字 数:657千字

版 次:2010年4月第1版

印 次:2010年4月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:39.80元

产品编号:033882-01

丛书序言

PREFACE

我曾提出过高等工程教育边界再设计的想法,这个想法源于社会的反应。常听到工业界人士提出这样的话题:大学能否为他们进行人才的订单式培养。这种要求看似简单、直白,却反映了当前学校人才培养工作的一种尴尬:大学培养的人才还不是很适应企业的需求,或者说毕业生的知识结构还难以很快适应企业的工作。

当今世界,科技发展日新月异,业界需求千变万化。为了适应工业界和人才市场的这种需求,也即是适应科技发展的需求,工程教学应该适时地进行某些调整或变化。一个专业的知识体系、一门课程的教学内容都需要不断变化,此乃客观规律。我所主张的边界再设计即是这种调整或变化的体现。边界再设计的内涵之一即是课程体系及课程内容边界的再设计。

技术的快速进步,使得企业的工作内容有了很大变化。如从20世纪90年代以来,信息技术相继成为很多企业进一步发展的瓶颈,因此不少企业纷纷把信息化作为一项具有战略意义的工作。但是业界人士很快发现,在毕业生中很难找到这样的专门人才。计算机专业的学生并不熟悉企业信息化的内容、流程等,管理专业的学生不熟悉信息技术,工程专业的学生可能既不熟悉管理、也不熟悉信息技术。我们不难发现,制造业信息化其实就处在某些专业的边缘地带。那么对那些专业而言,其课程体系的边界是否要变?某些课程内容的边界是否有可能变?目前不少课程的内容不仅未跟上科学研究的发展,也未跟上技术的实际应用。极端情况甚至存在有些地方个别课程还在讲授已多年弃之不用的技术。若课程内容滞后于新技术的实际应用好多年,则是高等工程教育的落后甚至是悲哀。

课程体系的边界在哪里?某一门课程内容的边界又在哪里?这些实际上是业界或人才市场对高等工程教育提出的我们必须面对的问题。因此可以说,真正驱动工程教育边界再设计的是业界或人才市场,当然更重要的是大学如何主动响应业界的驱动。

当然,教育理想和社会需求是有矛盾的,对通才和专才的需求是有矛盾的。高等学校既不能丧失教育理想、丧失自己应有的价值观,又不能无视社会需求。明智的学校或教师都应该而且能够通过合适的边界再设计找到适合自己的平衡点。

我认为,长期以来,我们的高等教育其实是“以教师为中心”的。几乎所有的教育活动都是由教师设计或制定的。然而,更好的教育应该是“以学生

为中心”的,即充分挖掘、启发学生的潜能。尽管教材的编写完全是由教师完成的,但是真正好的教材需要教师在编写时常怀“以学生为中心”的教育理念。如此,方得以产生真正的“精品教材”。

教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会、中国机械工程学会与清华大学出版社合作编写、出版了《中国机械工程学科教程》,规划机械专业乃至相关课程的内容。但是“教程”绝不应该成为教师们编写教材的束缚。从适应科技和教育发展的需求而言,这项工作应该不是一时的,而是长期的,不是静止的,而是动态的。《中国机械工程学科教程》只是提供一个平台。我很高兴地看到,已经有多位教授努力地进行了探索,推出了新的、有创新思维的教材。希望有志于此的人们更多地利用这个平台,持续、有效地展开专业的、课程的边界再设计,使得我们的教学内容总能跟上技术的发展,使得我们培养的人才更能为社会所认可,为业界所欢迎。

是以为序。



2009年7月

前 言

FOREWORD

为了适应社会主义建设事业的高速发展对高级技术人才培养的需要,我国高等教育事业正进行着一场重大变革。就人才培养而言,改变了过去行业专家的培养模式,力求造就一代知识面较广、适应性较强的宽厚型、复合型、开放型的新型人才。

“机械制造技术基础”课程是机械设计制造及其自动化专业的技术基础课,是建立本科学生专业基础知识的重要课程,几乎所有高校的机械类各个专业均开设此课程。

按照机械设计制造及其自动化专业的教学要求,以及中国机械工程学科教程配套系列教材的要求,为了适应新的教学体系和形势的要求,本书将原机械制造工艺及设备专业的三门主干专业课(金属切削原理及刀具、金属切削机床、机械制造工艺学及机床夹具设计)的基本内容,加以提炼、充实和更新,在着重讲清基本概念、基本原理的基础上,按照少而精的原则浓缩内容,用尽量少的文字反映国内外先进水平,避免和其他相关选修课程的内容重复。本书编写内容是按照机械设计制造及其自动化专业的培养目标和要求,为该专业培养通用人才奠定专业基础、专业基本知识和基本原理而选择的。

全书在内容结构上侧重机械制造方面冷加工领域的基本知识、基本原理和基本方法,突出了专业基础内容;在章节次序的安排上,既考虑了专业知识本身的内在联系,又遵循了专业基础与专业知识前后贯通的原则;集基础性、传统性、应用性、适应性、系统性、学以致用等特点为一身。本书内容的取材,包括金属切削加工、磨削过程中的物理现象及其规律,金属切削刀具的功用、性能和常用金属切削机床的传动、特点,以及有关制造过程中的加工质量、加工精度、工装夹具、工艺规程、非常规加工等方面的必备知识;此外,也包括了现代制造技术的基础内容。本书内容对从事机械加工、加工控制及有关工程管理的技术人员来说,都是必不可少的知识。该教材体系经过多所高等院校的机械制造与自动化等专业的试用,效果良好,基本上满足了新的教学要求。针对教学中发现的问题,对讲义内容做了适当的改写,形成了此次出版的《机械制造技术基础》一书。全书内容简明扼要,重点突出,体系完整,便于学生自学,也给主讲教师留有发挥特长的余地。

本书的作者都是长期工作在专业课教学第一线的高校教师。山东大学李凯岭为主编。具体参加人员有:山东大学刘长安(第3章、第4章);山东

科技大学的迟京瑞(第6章、第7章);莱阳农机学院的李爱芝(第9章);潍坊学院的张鹏(第12章),其余各章及绪论由山东大学的李凯岭编写。山东大学的王丽丽、梁长记、张海明、张代聪、郝建领、汪胜钢、汤志源、易奇昌等对本书的编写、修改做了大量工作。

艾兴院士对本教材的体系提出了宝贵的意见和具体建议。山东大学机械制造技术基础课程教学组和兄弟院校的教师对本书内容提出了许多宝贵的建议,在此表示衷心的感谢。

本书的体系和内容体现了系统、基础、全面、实用的特点,可以作为高等院校机械类专业的教材及大专院校机械相关学科的教学参考书,也可供从事机械制造行业的工程技术人员、管理人员及有关专业的师生参考。

由于编者水平有限,书中不当之处在所难免,恳请同行和读者不吝指正。

编 者

2010年3月

第 0 章 绪论	1
0.1 生产与制造	1
0.1.1 生产的含义	1
0.1.2 生产过程的定义与分类	2
0.1.3 产品制造的含义	3
0.1.4 制造技术	3
0.1.5 工艺过程	3
0.2 机械制造业在国民经济中的地位及其发展	4
0.2.1 机械制造业在国民经济中的地位	4
0.2.2 机械制造业的发展	5
0.2.3 我国机械制造业面临的挑战和机遇	6
0.3 “机械制造技术基础”课程的内容、特点和学习方法	8
0.3.1 本课程的内容	8
0.3.2 本课程的性质和学习要求	8
0.3.3 本课程的特点及学习方法	9
习题与思考题	10
第 1 章 金属切削基础	11
1.1 切削运动与切削用量	11
1.1.1 切削时的工件表面	11
1.1.2 切削运动	11
1.1.3 切削用量	13
1.2 金属切削刀具的几何参数	14
1.2.1 刀具切削部分的结构要素	14
1.2.2 确定刀具切削角度的参考平面	15
1.2.3 刀具标注角度参考系	15
1.2.4 刀具的标注角度	16
1.2.5 刀具的工作角度	18
1.3 切削层参数与切削方式	20
1.3.1 切削层参数	20

1.3.2	切削方式	21
1.4	刀具材料及选用	22
1.4.1	刀具材料应具备的性能	22
1.4.2	刀具材料	23
	习题与思考题	28
第2章	金属切削的基本规律及其应用	29
2.1	金属切削过程中的变形	29
2.1.1	挤压与切削	29
2.1.2	切削层金属的变形	30
2.1.3	刀-屑接触区的变形与摩擦	33
2.1.4	切屑变形的规律	35
2.2	切削力	37
2.2.1	切削力的来源、切削合力、分力及切削功率	37
2.2.2	切削力的求法	38
2.2.3	影响切削力的主要因素	40
2.3	切削热和切削温度	42
2.3.1	切削热的来源及传出	42
2.3.2	切削区的温度及其分布	43
2.3.3	影响切削温度的主要因素	44
2.4	刀具磨损与刀具寿命	45
2.4.1	刀具磨损形态	45
2.4.2	刀具磨损的主要原因	47
2.4.3	刀具磨损过程及磨钝标准	48
2.4.4	刀具寿命经验公式及其合理选择	49
2.4.5	刀具破损	52
2.5	刀具几何参数的选择	53
2.5.1	前角及前刀面形式的选择	54
2.5.2	后角的功用及选择	57
2.5.3	主、副偏角的功用及选择	59
2.5.4	刃倾角的功用及选择	60
2.6	工件材料的切削加工性	61
2.6.1	衡量切削加工性的指标	62
2.6.2	影响材料加工性的因素	63
2.6.3	改善切削加工性的途径	63
2.6.4	难加工材料切削技术	64
2.7	切削液的选择	65
2.7.1	切削液的种类	65
2.7.2	切削液的作用	66

2.7.3	切削液的添加剂	67
2.7.4	切削液的选择	68
2.7.5	切削液的使用方法	68
2.8	切削用量的选择	69
2.8.1	选择切削用量的原则	69
2.8.2	切削用量优化及切削数据库	70
	习题与思考题	72
第3章	金属切削机床的基本知识	73
3.1	金属切削机床的分类与型号编制	73
3.1.1	金属切削机床的分类	73
3.1.2	金属切削机床的型号编制方法	74
3.2	机床的运动分析	77
3.2.1	工件加工表面及其形成方法	78
3.2.2	机床的运动	80
3.2.3	机床的传动联系和传动原理图	82
	习题与思考题	84
第4章	车床与车刀	85
4.1	车床的用途、运动和布局	85
4.2	CA6140型卧式车床的传动系统	88
4.2.1	主运动传动链	88
4.2.2	进给传动链	91
4.3	CA6140型卧式车床的主要结构	96
4.3.1	主轴箱内的主要结构	96
4.3.2	溜板箱内的操纵机构	101
4.4	车刀	104
4.4.1	普通车刀的结构类型	104
4.4.2	成形车刀的种类	106
	习题与思考题	108
第5章	铣床、钻床、镗床及其刀具	110
5.1	铣床和铣刀	110
5.1.1	铣削与铣削方式	110
5.1.2	铣床的主要类型	113
5.1.3	铣刀	116
5.2	钻床与孔加工刀具	118
5.2.1	钻床的功用和主要类型	118
5.2.2	麻花钻	120

5.2.3	铰削与铰刀	125
5.3	镗床与镗刀	126
5.3.1	卧式镗床	126
5.3.2	坐标镗床	128
5.3.3	金刚镗床	128
5.3.4	镗刀	129
	习题与思考题	130
第6章	磨床与磨削	131
6.1	磨削加工概述	131
6.1.1	磨削加工概况	131
6.1.2	磨削加工方法分类	131
6.1.3	磨削加工技术的特点及应用	133
6.2	砂轮	134
6.2.1	磨料	134
6.2.2	粒度	134
6.2.3	结合剂	136
6.2.4	硬度	136
6.2.5	组织	136
6.2.6	砂轮的形状	137
6.2.7	超硬磨料砂轮简介	138
6.3	磨削机理	139
6.3.1	磨料的形状特征	139
6.3.2	磨屑的形成过程	139
6.3.3	磨削力的主要特征	139
6.3.4	磨削温度	140
6.3.5	砂轮的磨损及寿命	141
6.4	常用磨床的类型及功用	142
6.4.1	M1432A型万能外圆磨床	142
6.4.2	平面磨床	143
6.4.3	内圆磨床	145
6.4.4	无心磨床(无心外圆磨床)	146
6.5	表面的光整加工	148
6.5.1	光整加工技术的功能及特点	148
6.5.2	超精研	148
6.5.3	研磨	149
6.5.4	珩磨	151
6.5.5	抛光	151
6.6	砂带磨削	152

6.6.1 砂带磨削机理	152
6.6.2 砂带磨削的特点及应用范围	153
习题与思考题	153
第7章 其他机床与刀具	155
7.1 齿轮加工机床与齿轮加工刀具	155
7.1.1 插齿原理和插齿刀	156
7.1.2 滚齿原理、齿轮滚刀及滚齿机的运动分析	159
7.1.3 磨齿原理及所需运动	165
7.1.4 锥齿轮的加工方法	167
7.2 拉床和拉刀	168
7.2.1 拉床的功用和类型	168
7.2.2 拉刀	169
7.3 刨床与插床	172
7.3.1 刨床	172
7.3.2 插床	173
7.4 组合机床及刀具简介	173
7.4.1 组合机床简介	173
7.4.2 组合机床常用的刀具	174
7.5 数控机床简介	176
7.5.1 数控机床的概念与分类	176
7.5.2 数控机床的特点	177
7.5.3 JCS-018 型立式镗铣加工中心	178
7.5.4 自动化加工对刀具的要求	179
习题与思考题	180
第8章 机械加工工艺规程的制定	181
8.1 机械加工工艺过程的基本概念	181
8.1.1 机械加工工艺过程的组成	181
8.1.2 生产纲领与生产类型	183
8.1.3 机械加工工艺规程与工艺文件	184
8.2 制定机械加工工艺规程的要求与步骤	187
8.2.1 机械加工工艺规程的基本要求	187
8.2.2 制定工艺规程所需要的原始资料	188
8.2.3 制定加工工艺规程的步骤及主要内容	188
8.3 零件加工工艺性分析与毛坯的选择	188
8.3.1 分析零件技术要求及其合理性	189
8.3.2 零件的结构工艺性审查	189
8.3.3 毛坯的选择	191

8.4	工件定位的基本原理	192
8.4.1	基准的概念与分类	192
8.4.2	六点定位原理	192
8.4.3	六点定位原理的应用	194
8.5	机械加工工艺规程设计中的主要定性问题	195
8.5.1	定位基准的选择	195
8.5.2	加工工艺路线的拟定	197
8.5.3	机床与工艺装备的选择	201
8.5.4	切削用量的确定	202
8.6	加工余量及其确定方法	203
8.6.1	加工余量的概念	203
8.6.2	影响加工余量的因素	203
8.6.3	确定余量的方法	205
8.7	加工工艺尺寸的分析计算	205
8.7.1	尺寸链的基本概念	206
8.7.2	加工尺寸链概述	209
8.7.3	加工工艺尺寸计算举例	210
8.7.4	求解加工尺寸链的几种情况	216
8.8	工艺方案的生产率及技术经济性分析	217
8.8.1	生产率分析	217
8.8.2	技术经济性分析	218
8.9	提高机械加工生产率率的工艺措施	220
8.9.1	缩短单件时间定额	220
8.9.2	采用先进工艺方法	223
8.9.3	实行多台机床看管	223
8.9.4	进行高效及自动化加工	223
	习题与思考题	223
第9章	金属切削机床夹具设计	227
9.1	机床夹具的基本概念	227
9.1.1	机床夹具的分类	227
9.1.2	机床夹具在机械加工中的作用	228
9.1.3	夹具的组成	228
9.2	定位方式与定位元件	230
9.2.1	工件以平面定位及其定位元件	230
9.2.2	工件以圆柱孔定位及其定位元件	233
9.2.3	工件以外圆柱面定位及其定位元件	237
9.2.4	组合表面定位	239
9.3	定位误差的分析与计算	242

9.3.1	定位误差的产生原因及组成	242
9.3.2	定位误差的计算方法	243
9.3.3	典型表面定位时的基准位移误差	244
9.4	工件的夹紧	248
9.4.1	夹紧装置的组成及基本要求	248
9.4.2	夹紧力的确定	249
9.4.3	典型夹紧机构	252
9.5	典型机床夹具	259
9.5.1	车床夹具	259
9.5.2	钻床夹具	262
9.5.3	镗床夹具	267
9.5.4	铣床夹具	273
9.6	数控加工典型夹具	277
9.6.1	拼装夹具	277
9.6.2	组合夹具	279
9.6.3	多面高效数控专用夹具	282
	习题与思考题	283
第 10 章	机械加工精度	285
10.1	机械加工精度概述	285
10.1.1	加工精度和加工误差	285
10.1.2	经济加工精度	286
10.1.3	获得加工精度的方法	286
10.1.4	影响加工精度的因素	288
10.1.5	原始误差与加工误差之间的关系	288
10.1.6	研究加工精度的方法	289
10.2	工艺系统的几何误差	289
10.2.1	加工原理误差	290
10.2.2	机床的几何误差	290
10.2.3	工艺系统的其他几何误差	294
10.3	工艺系统的受力变形	295
10.3.1	工艺系统受力变形现象	295
10.3.2	工艺系统的刚度	296
10.3.3	工艺系统受力变形对加工精度的影响	298
10.3.4	减少工艺系统受力变形的措施	301
10.3.5	工件内应力对加工精度的影响	303
10.4	工艺系统的热变形	304
10.4.1	工艺系统的热源	304
10.4.2	工艺系统的热变形对加工精度的影响	305

10.4.3	减少工艺系统热变形的措施	307
10.5	加工误差的统计分析	308
10.5.1	加工误差的统计性质	308
10.5.2	分布图分析法	309
10.5.3	点图分析法	314
10.6	提高和保证加工精度的途径	320
10.6.1	直接减少误差法	320
10.6.2	误差转移法	321
10.6.3	误差补偿法	321
10.6.4	误差分组法	321
	习题与思考题	322
第 11 章	机械加工表面的质量	324
11.1	机械加工表面质量的含义	324
11.1.1	表面质量的含义	324
11.1.2	机械加工表面质量对零件使用性能的影响	326
11.1.3	表面的完整性	327
11.2	已加工表面形成机理	328
11.3	影响加工表面质量的因素	328
11.3.1	影响表面粗糙度的因素	328
11.3.2	影响加工表面层物理力学性能的因素	331
11.4	机械加工过程中的振动	335
11.4.1	受迫振动及其控制	335
11.4.2	自激振动及其控制	337
11.5	控制加工表面质量的途径	341
	习题与思考题	343
第 12 章	非常规加工方法	344
12.1	非常规加工方法概述	344
12.2	电火花加工	345
12.2.1	电火花加工的原理	345
12.2.2	电火花加工的工艺特点和应用	346
12.2.3	电火花线切割加工	346
12.3	电解加工	347
12.3.1	电解加工的原理	347
12.3.2	电解加工的工艺特点	348
12.3.3	电解加工的应用	348
12.3.4	电解磨削	348
12.4	激光加工	349

12.4.1	激光加工的基本原理	349
12.4.2	激光加工的工艺特点	350
12.4.3	激光加工的应用	350
12.5	电子束和离子束加工	351
12.5.1	电子束加工	351
12.5.2	离子束加工	353
12.6	超声波加工	354
12.6.1	超声波加工的基本原理	354
12.6.2	超声波加工的特点	354
12.6.3	超声波加工的应用	355
12.7	快速成形技术	355
12.7.1	概述	355
12.7.2	光敏树脂快速成形	356
12.7.3	层合快速成形	358
12.7.4	熔融沉积快速成形	360
	习题与思考题	361
第 13 章	机械装配工艺基础	362
13.1	机械装配概述	362
13.1.1	装配的概念	362
13.1.2	装配工作的一般内容	362
13.1.3	装配生产的组织形式	363
13.1.4	装配精度的基本概念	365
13.1.5	装配工艺性一般要求	367
13.2	装配尺寸链及其概率解法	368
13.2.1	装配尺寸链概述	368
13.2.2	装配尺寸链的建立	370
13.2.3	装配尺寸链的计算方法	372
13.3	获得装配精度的方法	373
13.3.1	互换装配法	374
13.3.2	选择装配法	374
13.3.3	修配装配法	376
13.3.4	调整装配法	378
13.4	装配工艺规程的制定	380
13.4.1	制定装配工艺规程的基本原则及所需的原始资料	380
13.4.2	制定装配工艺规程的步骤	380
	习题与思考题	384

第 14 章 制造模式与制造技术的发展	386
14.1 先进制造工艺技术	386
14.1.1 超精密加工	386
14.1.2 高速切削	388
14.1.3 干切削	391
14.1.4 成组技术	392
14.1.5 计算机辅助工艺规程设计	395
14.2 微机械和微机电系统制造技术的进展	397
14.2.1 微硅零件的立体光刻腐蚀加工	397
14.2.2 微器件的精密机械加工	398
14.2.3 LIGA 技术	398
14.2.4 精微成形技术	399
14.2.5 微型机械的装配	399
14.3 机械制造自动化技术	400
14.3.1 机械制造系统自动化	400
14.3.2 柔性制造系统	400
14.3.3 计算机/现代集成制造系统	404
14.3.4 工业机器人	405
14.4 先进制造生产模式	407
14.4.1 敏捷制造	407
14.4.2 并行工程	407
14.4.3 JIT 制造	408
14.4.4 精良生产	409
14.4.5 网络化制造	410
14.4.6 虚拟制造系统	411
14.4.7 可持续发展制造	413
习题与思考题	414
参考文献	415